

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. November 2012 (22.11.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/156828 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
*B64C 21/04* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB2012/050263

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. Januar 2012 (19.01.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
202011100733.6 14. Mai 2011 (14.05.2011) DE

(72) Erfinder; und

(71) Anmelder : **KORTZ, Sebastian**; Prättigauer Strasse 27a, CH-7249 Serneus (CH). **BRAEUTIGAM, Klaus** [DE/DE]; Hauptstrasse 33, 63853 Moemlingen (DE). **LEBERT, Johannes** [DE/DE]; Cornelienstrasse 18, 63739 Aschaffenburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

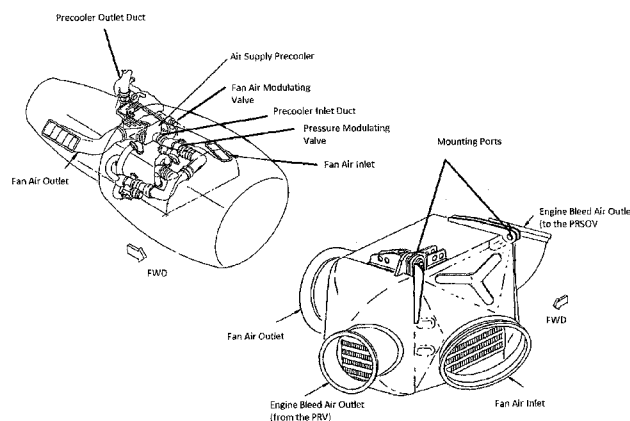
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FRICTION REDUCTION BY BLOWING HOT GAS INTO THE FLOW BOUNDARY LAYER OF THE AIRCRAFT FUSELAGE

(54) Bezeichnung : REIBMINDERUNG DURCH EINBLASEN VON HEISSGAS IN DIE STROEMUNGSGRENZSCHICHT DES FLUGZEUGRUMPFS

Abb. 1, Wärmetauscher für die Zapfluft des Triebwerks (Precooler) (Quelle: Schulungsunterlage B747-400 Lufthansa Technical Training)



(57) Abstract: The heating of the boundary layer has proven to be an effective means for reducing the turbulent frictional resistance component at low Reynolds numbers. However, at high Reynolds numbers such as the Reynolds numbers that occur for commercial aircrafts, the reduction of the turbulent frictional resistance component is marginal, because the required electrical heating power cannot be applied in flight testing due of the high convective heat transfer. The invention proposes blowing hot gas into the flow boundary layer of the aircraft fuselage instead of heating the surface around which flow occurs. Hot gas can be a gas of the same nature as the flow medium (air), but must have the important property of having a temperature that is above the temperature of the flow medium to such an extent that the frictional resistance is reduced. The hot gas is drawn from the engine bleed air by means of a heat exchanger.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/156828 A1

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Rechenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

---

Die Erwärmung der Grenzschicht erweist sich bei niedrigen Reynoldszahlen als wirksames Mittel zur Reduzierung des turbulenten Reibungswiderstandsanteils. Bei den hohen Reynoldszahlen wie sie bei Verkehrsflugzeugen auftreten ist die Verminderung des turbulenten Reibungswiderstandsanteils jedoch marginal, weil die erforderliche elektrische Heizleistung aufgrund des hohen konvektiven Wärmetransfers im Flugversuch nicht aufgebracht werden kann. Die vorliegende Erfindung schlägt anstatt der Beheizung der umströmten Oberfläche das Einblasen von Heißgas in die Strömungsgrenzschicht des Flugzeugrumpfs vor. Heißgas kann ein Gas von derselben Beschaffenheit wie das Strömungsmedium (Luft) sein, aber mit der wesentlichen Eigenschaft, daß seine Temperatur soweit über der Temperatur des Strömungsmediums liegt, daß der Reibungswiderstand vermindert wird. Das Heißgas wird über einen Wärmetauscher der Triebwerksabluft entnommen.

## BESCHREIBUNG:

### 1. Bezeichnung der Erfindung

Verminderung des Reibungswiderstands durch Einblasen von Heißgas in die Strömungsgrenzschicht des Flugzeugrumpfs.

### 2. Stand der Technik

Bei modernen Verkehrsflugzeugen beträgt der Anteil des Reibungswiderstands am Gesamtwiderstand etwa 50%. Neben den verschiedenen bekannten Methoden zur Verminderung des Reibwiderstandsanteils, wie der Verzögerung des laminar-turbulenten Umschlags, der Beeinflussung des Turbulenzwiderstandsanteils durch sog. „Riblets“ oder Grenzschichtabsaugung untersuchten Kramer et al. [1] in Windkanal- und Flugversuchen die Möglichkeit zur Reibwiderstandsminderung durch Erwärmung der Grenzschicht mittels Beheizung der umströmten Oberfläche. Bei niedrigen Reynoldszahlen erwies sich dafür die Erhöhung der Wandtemperatur als wirksames Mittel zur Reduzierung des Reibwiderstands in einer Größenordnung von ca. 20%. Aufgrund des hohen konvektiven Wärmeübergangs im Reiseflug eines modernen Verkehrsflugzeugs ist diese Lösung nur bei niedrigen bzw. mittleren Reynoldszahlen wirksam, da nur dann die Wandtemperatur in ausreichendem Maß über die Temperatur der umströmenden Luft gebracht werden kann.

### 3. Beschreibung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung schlägt anstatt der Beheizung der umströmten Oberfläche das Einblasen von Heißgas in die Strömungsgrenzschicht des Flugzeugrumpfs vor. Heißgas kann ein Gas von derselben Beschaffenheit wie das Strömungsmedium (Luft) sein, aber mit der wesentlichen Eigenschaft, daß seine Temperatur soweit über der Temperatur des Strömungsmediums liegt, daß der Reibungswiderstand vermindert wird. Als Heißgasquelle kann die Abluft des Wärmetauschers (Precooler) verwendet werden, mit der z.B. bei der B747-400 und anderen Flugzeugmustern die heiße Triebwerkszapfluft mit Hilfe eines geringen Teils der Abluft des Triebwerksnebenstroms (Fan Air) um ca. 50° heruntergekühlt wird. Die dadurch erwärmte Abluft des Wärmetauschers wird mit Hilfe eines geeigneten Rohrleitungssystems durch die Triebwerksgondel und anschließend im Bereich des Flügelvorder- oder hinterholms an den Flugzeugrumpf herangeführt. Von dort wird das Heißgas an geeigneter Stelle entweder nur singular oder falls wirksamer an mehreren Abschnitten des Flugzeugrumpfs umfänglich kontinuierlich oder diskret über zu definierende geeignete Zuführungen von außen, um die Rumpfstruktur nicht zu schwächen, oder falls vorteilhafter von innen, um die Grenzschicht nicht zu stören, der Grenzschicht des Flugzeugrumpfs zugeführt. Aufgrund des hohen dynamischen Drucks der Rumpfströmung wird die Grenzschichtdicke durch den Heißgasfilm voraussichtlich nicht wesentlich und damit nicht reibwiderstandsschädlich erhöht.

### 4. Das Neue an der Erfindung

Das wesentlich Neue der Erfindung ist also die Methode, die Grenzschichttemperatur durch Zuführung bzw. Einblasen einer geringen Menge Heißgas (Heißgasfilm) zu erhöhen. Diese Methode hat den Vorteil, daß sie den extremen konvektiven Wärmeübergang von der Oberfläche an die Strömung mit Hilfe des Heißgasfilms unterbindet, und gleichzeitig die Grenzschicht erwärmt.

### 5. Vorteile durch die Erfindung gegenüber dem Stand der Technik

Der Stand der Technik ermöglicht es nicht, die Grenzschichttemperatur eines Verkehrsflugzeugs bei hohen Reynoldszahlen so zu erhöhen, daß ein signifikanter Einfluß auf den Reibungswiderstand auftritt. Die oben beschriebene Erfindung hat den Vorteil, daß sie den extremen konvektiven Wärmeübergang von der Oberfläche an die Strömung mit Hilfe des Heißgasfilms unterbindet, und gleichzeitig die Grenzschicht erwärmt, so daß die Beheizung der Wand (Flugzeugaußenhaut) entfällt.

#### 6. Entwicklungsstadium der Erfindung

Die Erfindung ist noch nicht erprobt worden. Ein Modellversuch ist geplant.

#### 7. Wirtschaftliche Perspektiven für die Erfindung

Aufgrund eigener Berechnungen auf Basis der von Kramer et al. vorgestellten Beziehungen und unter konservativer Berücksichtigung des Schubverlustes durch die Entnahme eines geringen Teils des Triebwerksnebenstroms ist mit einer Reduzierung des Gesamtwiderstands von Verkehrsflugzeugen im Reiseflug in der Größenordnung von mindestens 5% zu rechnen, was einer Verminderung des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen in eben dieser Größenordnung entspricht.

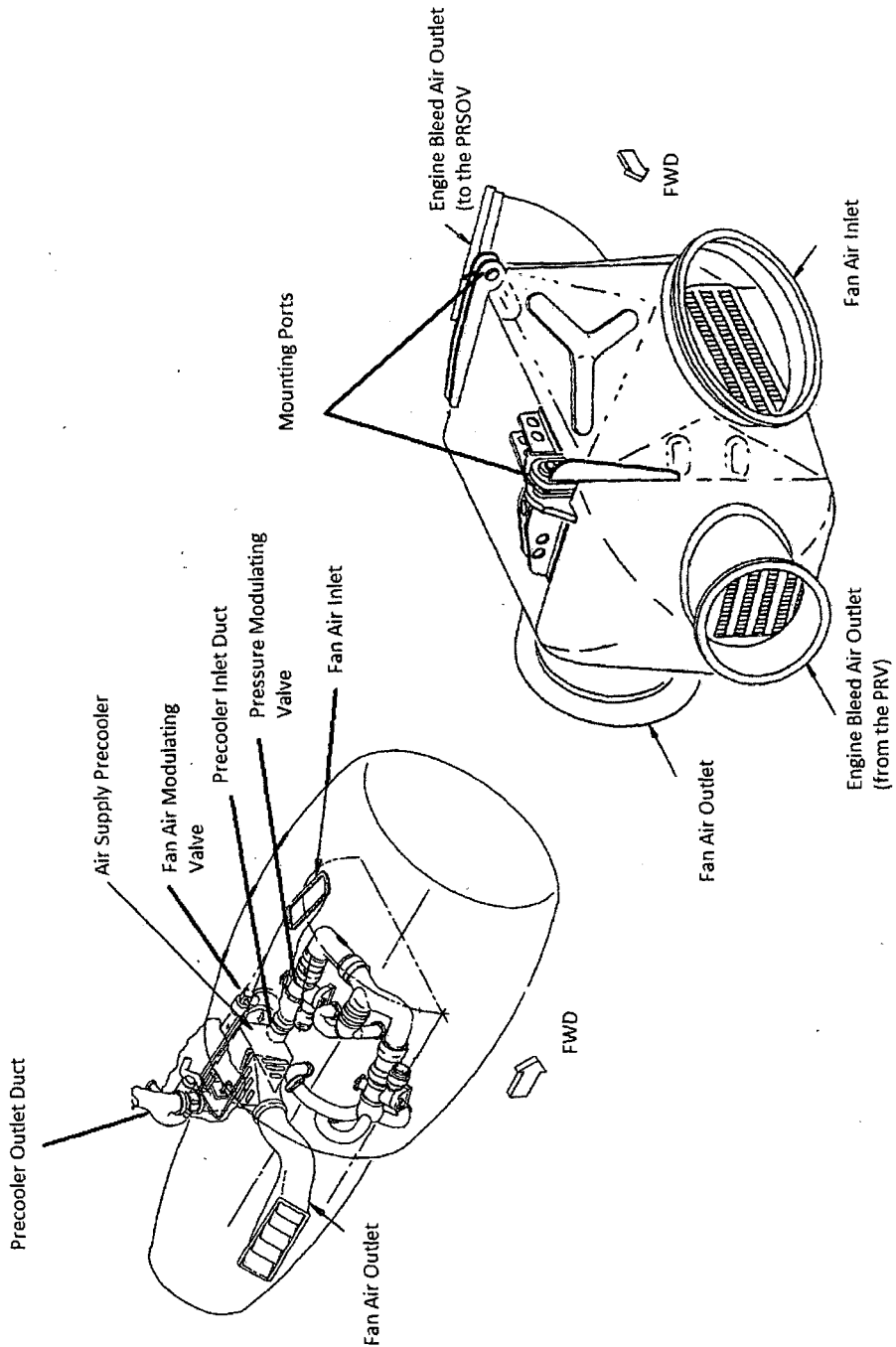
#### 8. Referenzen

[1] Drag Reduction Experiments using Boundary Layer Heating, *Brian R. Kramer, Brooke C. Smith, Joseph P. Held, Gregory K. Noffz, David M. Richwine, Terry Ng.*

### Patentansprüche

- 1) Erhöhung der Grenzschichttemperatur durch Einblasen eines Heißgases in die Strömungsgrenzschicht,  
  
dadurch gekennzeichnet,  
  
dass das Heißgas ein Gas von derselben oder ähnlicher oder Beschaffenheit ist wie das Medium, das die Oberfläche umströmt (Luft), mit der wesentlichen Eigenschaft, daß seine Temperatur so weit über der Temperatur des Strömungsmediums liegt, daß sich der Reibungswiderstand des umströmten Körpers verringert.
- 2) Erhöhung der Grenzschichttemperatur durch Einblasen eines Heißgases in die Strömungsgrenzschicht,  
  
dadurch gekennzeichnet,  
  
dass die Menge und Geschwindigkeit des Heißgasstromes so gewählt werden, daß die Verringerung des Reibungswiderstands aufgrund der Erhöhung der Grenzschichttemperatur durch das Heißgas nur minimal geschädigt wird.
- 3) Erhöhung der Grenzschichttemperatur durch Einblasen eines Heißgases in die Strömungsgrenzschicht,  
  
dadurch gekennzeichnet,  
  
dass das Heißgas singularär oder mehrfach kontinuierlich umfänglich in die Grenzschicht eingeblasen wird.
- 4) Erhöhung der Grenzschichttemperatur durch Einblasen eines Heißgases in die Strömungsgrenzschicht,  
  
dadurch gekennzeichnet,  
  
dass als Heißgasquelle die Abluft (Fan Air Outlet) des Wärmetauschers (Precooler) verwendet wird, mit der die heiße Triebwerkszapfluft heruntergekühlt wird (siehe Zeichnung).
- 5) Erhöhung der Grenzschichttemperatur durch Einblasen eines Heißgases in die Strömungsgrenzschicht,  
  
dadurch gekennzeichnet,  
  
dass das Heißgas entweder von innen durch die Wand in die Grenzschicht eingeblasen wird oder von außen in die Grenzschicht eingebracht wird.

Abb. 1, Wärmetauscher für die Zapfluft des Triebwerks (Precooler) (Quelle: Schulungsunterlage B747-400 Lufthansa Technical Training)



ERSATZBLATT (REGEL 26)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No <b>PCT/IB2012/050263</b>
----------------------------------------------------------

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. B64C21/04 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B64C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 436 243 A2 (BOEING CO [US]) 10 July 1991 (1991-07-10) paragraph [0047] - paragraph [0054]; figures 1-9 -----	1-5
X	DE 33 39 866 A1 (RAEHMER HANS [DE]) 15 May 1985 (1985-05-15) page 5, lines 23-28; figure 1 -----	1-3,5
X	DE 15 06 580 A1 (DORNIER GMBH) 4 September 1969 (1969-09-04) pages 3,4; figures 1,2,4 -----	1-3,5
X	EP 0 230 684 A1 (BOEING CO [US]) 5 August 1987 (1987-08-05) paragraph [0002] - paragraph [0007]; figures 1-4 paragraph [0043]; figures 1-4 -----	1-3,5
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <span style="margin-left: 150px;"><input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</span>		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search  <b>3 July 2012</b>	Date of mailing of the international search report  <b>16/07/2012</b>	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  <b>Raffaelli, Leonardo</b>	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/IB2012/050263

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2 959 377 A (KAPLAN LEO I) 8 November 1960 (1960-11-08) column 2, line 49 - column 5, line 62; figures 1-3 -----	1-5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/IB2012/050263
---------------------------------------------------

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0436243	A2	10-07-1991	DE 69019940 D1 13-07-1995 DE 69019940 T2 19-10-1995 EP 0436243 A2 10-07-1991 JP 3174072 B2 11-06-2001 JP 4110299 A 10-04-1992 US 5114100 A 19-05-1992
DE 3339866	A1	15-05-1985	NONE
DE 1506580	A1	04-09-1969	NONE
EP 0230684	A1	05-08-1987	DE 3642791 A1 02-07-1987 DE 3675372 D1 06-12-1990 EP 0230684 A1 05-08-1987 JP 62157898 A 13-07-1987 US 4752049 A 21-06-1988
US 2959377	A	08-11-1960	NONE

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB2012/050263

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**

INV. B64C21/04  
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
B64C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 436 243 A2 (BOEING CO [US]) 10. Juli 1991 (1991-07-10) Absatz [0047] - Absatz [0054]; Abbildungen 1-9 -----	1-5
X	DE 33 39 866 A1 (RAEHMER HANS [DE]) 15. Mai 1985 (1985-05-15) Seite 5, Zeilen 23-28; Abbildung 1 -----	1-3,5
X	DE 15 06 580 A1 (DORNIER GMBH) 4. September 1969 (1969-09-04) Seiten 3,4; Abbildungen 1,2,4 -----	1-3,5
X	EP 0 230 684 A1 (BOEING CO [US]) 5. August 1987 (1987-08-05) Absatz [0002] - Absatz [0007]; Abbildungen 1-4 Absatz [0043]; Abbildungen 1-4 -----	1-3,5
	-/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. Juli 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/07/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Raffaelli, Leonardo

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB2012/050263

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2 959 377 A (KAPLAN LEO I) 8. November 1960 (1960-11-08) Spalte 2, Zeile 49 - Spalte 5, Zeile 62; Abbildungen 1-3 -----	1-5

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB2012/050263

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0436243	A2	10-07-1991	DE 69019940 D1 13-07-1995
			DE 69019940 T2 19-10-1995
			EP 0436243 A2 10-07-1991
			JP 3174072 B2 11-06-2001
			JP 4110299 A 10-04-1992
			US 5114100 A 19-05-1992
-----			
DE 3339866	A1	15-05-1985	KEINE
-----			
DE 1506580	A1	04-09-1969	KEINE
-----			
EP 0230684	A1	05-08-1987	DE 3642791 A1 02-07-1987
			DE 3675372 D1 06-12-1990
			EP 0230684 A1 05-08-1987
			JP 62157898 A 13-07-1987
			US 4752049 A 21-06-1988
-----			
US 2959377	A	08-11-1960	KEINE
-----			